



دانشکده علوم  
پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد زمین شناسی  
(گرایش زمین شناسی مهندسی)

عنوان:

## بررسی خصوصیات زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی تونل سرریز سد مخزنی هراز

استاد راهنما:

دکتر غلامرضا لشکری پور

استاد مشاور:

دکتر محمد غفوری

نگارش:

خسرو فتحی

شهریور ۱۳۹۱

ش اص

نوا

صل او

- ۱۰۰۱ هدا مئو ا ر و ویدگی های هندسی وز ..... ۳
- ۱۰۰۲ رافیایی و راه های دسترسی ..... ۱
- ۱۰۰۳ روش ح ی و یه و حلیه داده ها ..... ۱
- ۱۰۰۴ ا ا دفترى ..... ۱
- ۱۰۰۵ ا ا حرایبی ..... ۱
- ۱۰۰۶ ا ا زمایشگاهی ..... ۱
- ۱۰۰۷ یه و حلیه لاعا ..... ۱

صل و

- ۱۰۰۸ دمه ..... ۹
- ۱۰۰۹ روشهای ر ی ..... ۹
- ۱۰۱۰ روش نالی ناپایداری ساختاری ..... ۱۱
- ۱۰۱۱ ررسیهای پیشین ..... ۱
- ۱۰۱۲ ررسیهای اخیر ..... ۱
- ۱۰۱۳ فاری گمانه ها ..... ۱
- ۱۰۱۴ ررسی درزه ها ..... ۱
- ۱۰۱۵ هیه شه زمین شناسی مهندسی ساختگاه سد ..... ۱
- ۱۰۱۶ هیه شه زمین شناسی ن ..... ۱
- ۱۰۱۷ ررسیوض یت زیرزمینی ..... ۱
- ۱۰۱۸ زمایشهای زمایشگاهی ..... ۱

## صلسو

- ۱۰۳ ..... دمه
- ۱۰۳ ..... جایگله ه مهرد ال ه دوا دهای زمین شناسی ایران
- ۱۰۳ ..... کلیا زمین شناسی محدودچرو ه سد هراز
- ۱۰۳ ..... مورفولو ی مسیرون سرری
- ۱۰۳ ..... پدیده ی زمین ساختی
- ۱۰۳ ..... یینه شناسی سد هاهو رگیرندهون سرری
- ۱۰۳ ..... سازندسن
- ۱۰۳ ..... سازندالیکا
- ۱۰۳ ..... هلی ه
- ۱۰۳ ..... دسته گس های شما ال رز
- ۱۰۳ ..... F1
- ۱۰۳ ..... منگ
- ۱۰۳ ..... ررسی زمین لرزه های اری ی ودستگاهی گستره ر
- ۱۰۳ ..... زمین شناسی مهندسی
- ۱۰۳ ..... رداشت و ررسی ناپیوستگی ها
- ۱۰۳ ..... زمین شناسی مهندسی
- ۱۰۳ ..... رداشت و ررسی ناپیوستگی ها
- ۱۰۳ ..... یه وحلی ماری ناپیوستگی ها
- ۱۰۳ ..... فاری های اکتشافی
- ۱۰۳ ..... زمایش هانفو پذیرسی سد
- ۱۰۳ ..... زمایشگاهی (مکانی سد)
- ۱۰۳ ..... حرایی ضرری

۰۰۳۳ زمایش کش اشمیت..... ۰۰۹

صل بهار

۰۰۱ ۰۰۱ دمه .....

۰۰۱ ۰۰۱ ه ندی ومکانیکی وده سد (RMR) .....

۰۰۱ ۰۰۱ ی وده سنگهای در رگیرنده وند سرری .....

۰۰۱ ۰۰۱ زمان خود پایداری وند (Stand-Up Time) .....

۰۰۱ ۰۰۱ فشار لهور ر سیسته نگهدارنده در رده ندی ومکانیکی .....

۰۰۱ ۰۰۱ را ی سیسته نگهدارنده راسا روش RMR .....

۰۰۳ ۰۰۳ ه ندی وده سد راسا شاخ کیفی وند سازی (Q) .....

۰۰۱ ۰۰۳ بین داک ر دهانه خود پایداری راسا شاخ Q .....

۰۰۱ ۰۰۳ مین فشهور ر سیسته نگهدارنده راسا شاخ Q .....

۰۰۱ ۰۰۳ را ی سیسته نگهدارنده راسا شاخ Q .....

۰۰۱ ۰۰۳ ایسه رده ندی RMR و Q وده سنگهای در رگیرنده وند .....

۰۰۳ ۰۰۳ شاخ وده سد (RMi) .....

۰۰۱ ۰۰۳ بیغ دار RMi .....

۰۰۹ ۰۰۳ تای ا از ه ندی RMi .....

۰۰۱ ۰۰۳ ه ندی وده سد راسا شاخ م اومت زمین شناسی (GSI) .....

۰۰۱ ۰۰۳ محاسه ه لو (Block Volume) .....

۰۰۱ ۰۰۳ فاکتور شرای درزه (J<sub>c</sub>) .....

۰۰۹ ۰۰۳ تای ا از ه ندی GSI .....

صلن

۱۰۳ ۰۰۱ دمه .....

۱۰۰ ۰۰۱ حلی ناپایداری لوكهلی ا .....

- ۱۰۰ ..... سرریه گوه‌های. او در وده سند های در رگیرنده‌وند
- ۱۰۰.....A بررسی ناپایداری ساخقاری ۰۱۰۳۰۰
- ۱۰۹ ..... B1 بررسی ناپایداری ساخقاری ۰۰۰۳۰۰
- ۱۱۱ ..... B2 بررسی ناپایداری ساخقاری ۰۳۰۳۰۰
- ۱۱۳ ..... C1 بررسی ناپایداری ساخقاری ۰۰۰۳۰۰
- ۱۱۰ ..... C2 بررسی ناپایداری ساخقاری ۰۰۰۳۰۰
- ۱۱۰ ..... D بررسی ناپایداری ساخقاری ۰۰۰۳۰۰
- ۱۰۰ ..... E بررسی ناپایداری ساخقاری ۰۰۰۳۰۰
- ۱۰۰ ..... تگی گوه‌ای
- ۱۰۰ ..... A پایدار سازی گوه‌های ناپایدار در محفوده ۰۱۰۰۰۰
- ۱۰۰ ..... B1 پایدار سازی گوه‌های ناپایدار در محفوده ۰۰۰۰۰۰
- ۱۰۰ ..... B2 پایدار سازی گوه‌های ناپایدار در محفودما ۰۳۰۰۰۰
- ۱۰۰ ..... C1 پایدار سازی گوه‌های ناپایدار در محفوده ۰۰۰۳۰۰
- ۱۳۰ ..... C2 پایدار سازی گوه‌های ناپایدار در محفوده ۰۰۰۳۰۰
- ۱۳۰ ..... D پایدار سازی گوه‌های ناپایدار در محفوده ۰۰۰۳۰۰
- ۱۳۰ ..... E پایدار سازی گوه‌های ناپایدار در محفوده ۰۰۰۳۰۰

### صلت

- ۱۳۰ ..... نتی ه گیری ۰۱۰۰
- ۱۰۰ ..... پیشنهاد ۰۰۰۰

## کید

محدوده موود ال به درشما ایران و در استان مازندران و در ۱۱ کیلومتری جنوب شهرستان مزارش در گرفته است. سوز سرریه ال ولی دود ۳۰۰ متر از کیه گاه سد هراو وور خواهد نمولهد از ساخت این وند لیه مازادماز ن سدمولر سیلا می اشله وده سن - های مسیرون عمد الو دولومیت شی و ه مارنی کیفیت متوس ضا یه شکیه شده است.

رای ررخی و یا فیه یکی و مکانیکی سن های مسیرون در زمایشگاه مکانیه سن ر روی نمونه ههای از فاری گمانه ها زمایش هاج اومت فشاری محوره سن کر مدوا ستیسیته موزن و ال در دجد از ام شله

در لجن یه ال وجه به پارامترهای و مکانیکی وده هاینگی شرای پایداری و مهیدا سیسته نگهدارنده دما ی رای وند سوز سد هراز راسا دو روش ر ی و عددی مورد ررسی رار گرفته است. در روش ر ی از بهارسیسته هندی RMR (ه ندی و مکانیکی وده سن ) Q (شاخ کیفی وند ری) RMI (شاخ کیفی سن ) و GSI (اندیه م اومت زمین شناسی) جهتر ورد کیفیت وده سن هاجر رگیرنده وند سرریه و ر ورد سیسته نگهدارنده دما ی استفاده گردیده است. در روش عددی (نرفم ار UNWEDGE) رای ناپایداری ساختاری وده سن هاجر رگیرنده وند استفاده شده است.

صلو

يات

## □□□□ دم

به دلیلی نو تلوو عسوا م تله زمین‌شناسی ضروری است که رای اجرای سازه‌های مهندسی ر م سدها ونها نیروگاه‌ها پ هام□□□□ ال ا زمین‌شناسی مهندسی درمح ا دا این گونه سازه‌ها م پذیر□□□□ زمین‌شناسی مهندسی علمی است که ه از□□□□ م ال ه و مسا ومشکلا مهندسی و محیی می‌پرداز□□□□ اینها ممکن است در نتی ه واکنش بین زمین و الیت‌های شر ه وجود مده اش□□□□ علاوه ر این پیشگویخ را زمین‌شناسی و ا دا روش‌های جلوگیری ازخ را زمین‌شناسی و یا درمان ن هلموضو عل زمین‌شناسی مهندسی است (Bell 2007)

اکتشا را ی و امین ایمنی سازه‌های زیرزمینی (مانند ون های راه و راهن ون های انحر ا اتو ا ) در هنگام ساخت و پایداری درازمد ن از جملهسا ملی است که ایدوس را ان سازه‌های زیرزمینی مند ر رار گیرد زیرا اجرا□□□□ ه‌های ون سازی درسد از جمله مشک رین و در عین ا پره ینه رین‌پرو ه‌های مهندسی ه سا می‌یند و در حلی پایداری این گونه سازه‌ها همواره شناخت وسی و ر مهند را ملنا زمین‌شناسی های زیرزمینی و خوا و کنیکی سد ها زم و ضروری است□□□□ در این ح ی ررسخی و یا زمین‌شناسی مهندسی وو کنیکی وهم نین ازی ی پایداری ون سرری سد نی هراز راسا روش‌های تله هندی سد و حلی پایداری□□□□ ام شده است□□□□

ون سرری یکی از سازه‌های جان ی پرو ه سد نی هراز وده وهد از دا ایون لمیه سد در زهان و سیلا در و عمر مفید سد می‌اش□□□□ ون ور ریا در عم □□ متری (داک ر) بلز زمین رار خواهد گرفت و وده سد های مسیرون نعدم لثام ناوی لوه ه ملرن دولومیت و شی می‌اش□□□□ رخی ازاهدا این ال ه شر زیر می‌اشد :

- بررسی زمین‌شناسی و زمین‌شناسی مهندسی مسیرون سرری
- ررسخی و ی مهندسی وده‌های سنگی مسیرون سرری
- ررسخی را ا تمالی که در بین یا داز فرون سرری امکان و دارند
- ه راهکارمناس رایوف مشکلا موجود



### ف ا ه د ا و م خصات ر و و ی ها هندسی تونل

نیاز رواف و رجم بیت شهر بهران ه موج شد ا برنامه بهره رداری از سد ر اهد  
امین نیاز شهری بهران مورد از نگری رار گیر ه ر مد نی هزار هنگ ( اهد امین  
شی از ا ه های دشت هزار ه و د کشاورزی در این دشت (که ا جریان وس سد  
ر و ی ن ه شر شهر بهران دون می شوند) وهم نین امین شر  
شهرستان م موود ال ه رار گرفته است ه ا اجرای این ر ا ه های اراضی دشت هزار ه  
مسا ت ۹۰۳۰۰ هکتار امین خواهد شد علاوه ر این نا ل و ا د نیروگاهی ه لگاوا ی ا  
ولید ۱۰۰ گیگاوا ساعتفر ی الکتریکی درسا رای ولیدران ی ر ه ی در این سفی  
رناموی ی شده است ه

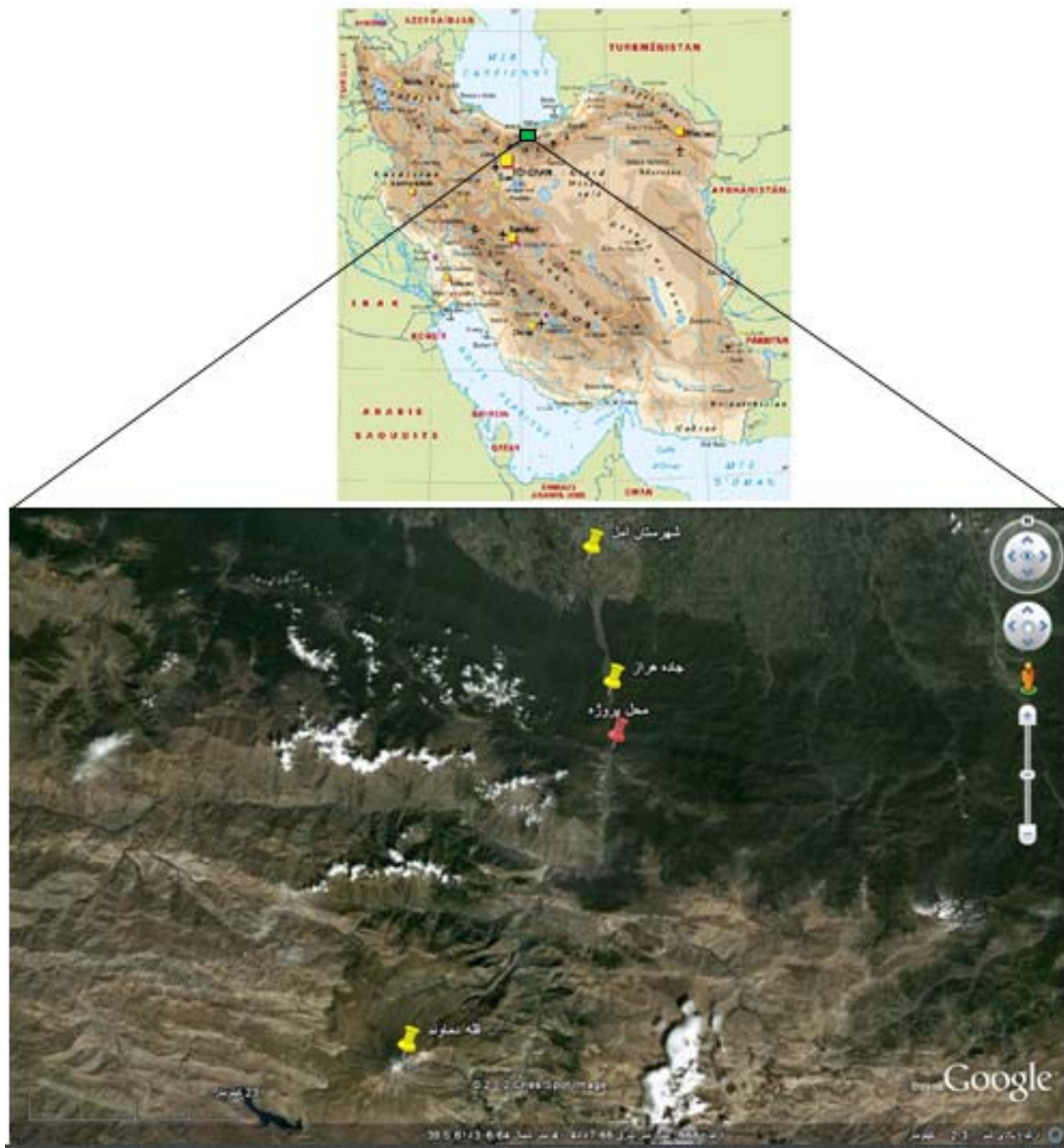
سد هزار اژو خاکی سنگریه های ا هسته لو می اشد افا ا سد از پی ۱۰۰ متر و از  
ستر رودخانه ۱۰۰ متر می اشد و ا سد ۳۰۰ متر و راز نهایی ن ۱۰ متر لوز دریا  
می اشد خاگری ی دنه سد ۰۰۰ میلیون مقصد و م ن ن ۰۰۰ میلیون متر  
مک می اشد

وز سر رینی ا راستای ری ا شمالچنو ی (از مترا ۰۰۰۰۹۰۰۰ وز ا راستای  $N 10^{\circ}W$  و  
لوتر ا ۰۰۱۱۰۰۹ ا انتهای وز ا راستای  $N 10^{\circ}E$  می اشد لوتر ا ۰۰۹۰۰۰ ا مترا ۰۰۱۱۰۰۹ وز  
دارای و می اشد) و و ۰۰۳ متر یکی از سازه ها جاز ی این ر می اشد ه از ساخت  
این وز در زمان ساخت دنه سد ه عنوان اجرا جاده هزار از دنه سد اداخ این وز و در  
زمان بهره رداری از سد ا استفاده از ی شفت ه عنوان لمیه کننده سیلا و مازاد از  
دریا ه سد می اشد

م وز ا وجه ه نیازهای ر ه شک D اعر ۱۰۰۰۰ متر او فا ۰۰۰۰ متر لوتر ا  
فر ۱۰۹۱ و لوتر ا ۰۰۰۰۰۰۳ متر می اشد لوتر ا ۱۰۹۱ و ۱۰۰۰۰ وز (ا شیا ت در  
ک) در سمت اف ایش فا می ده ل شی وز نی ۰۰۰۳ درجه می اشد زم ه کر  
است مکّه بیت وز ا وجه ه عملکرد ن و شریا زمین شناسی مورفولو ی موو بیت  
رودخانه در کیه گاه سلنت ا شده است ه

## □□□□ یی را یایی و ا ها س رسی

محدوده مورد ال به جهت ا سد ووز سرب در □□ کیلومتری جنو شهرستان م و در کنار جاده هراز و ر روی رودخانه هراز در استان مازندران می اشم تا ا ج رافیایی محدوده مورد ال به در و ج رافیایی " ۰۹' ۰۰" ۰۰° و عر ج رافیایی " ۰۳' ۱۰" ۰۳° رار دارل درشک لول ا یت به مورد ال به نشان داده شده است□



شک ۱- محل رافیایی محل ا سد

دسترسی هم‌ا‌دا سد وون س‌ری از ری‌جاده هزارپ از ی‌مسافت □□  
 کیلومتر از شهرستان م امکان پذیر است □ در شک □□□□م ی‌تم‌ا‌دا سد در مسیر  
 جاده هزار نشان داده شده است □

### □□□□ روت یه وت زیتو ییل ها

روش‌چ یه و حلی داده‌هشام □ مورد زیر وده است:

م □□ □ا دفتری

م □□ □ا حرایی

م □□ □ا زمایشگاهی

□ یه و حلیا لاعا

### □□□□□□ ات ر

در این‌مر م‌له‌الز ا نگا ارشامناو ی‌ک‌ر‌ل‌ر به ا‌را ی‌او‌دا وون ها وده  
 م‌م‌ود □ا به و ررسی ر‌ار‌گ‌ر‌ف‌ت‌□ ا‌دام به‌جم وری لاعامر و م‌م‌ح‌ا‌ج‌رای ر  
 ش‌□□ جم وری لاعا شام‌گ ارشامر م‌ل‌ل‌و ر م‌ا نو شه‌های زمین‌شناسی  
 موجود وده است □ علاوہ ر‌م‌وار‌دف‌و ا لاعا محلی از جمله سازه‌های اجرا شده و یا در ا  
 ساخت هم نیی‌ع ا‌دن موجود در محدوده ر مورد‌ال‌زی‌ی ر‌ار‌گ‌ر‌ف‌ت‌□

### □□□□□□ اتص رایب

رسی‌ها و‌ال ا حرایی در این‌چ یه شام پی‌جویی‌ها و ر‌دا‌شت‌های‌س‌چ‌ج‌م  
 وری و از ی‌ن‌لی لاعا م‌وج‌ود‌ش‌ام م ه‌گ‌مانه‌ها ررسی ل‌م‌چ‌یر ه‌گ‌مانه‌های فاری  
 م‌ث‌ود‌ه ا‌مس‌یر‌ون در فاز ا‌ک‌ت‌ش‌اف‌ی و‌ال ا ک‌م‌ی‌ل‌پ‌رو ه و‌ک‌ن‌تر حرایی شه‌های  
 زمین‌شناسی می‌اش‌□ در این‌مر ل‌له ت‌دا م‌ح‌ود‌ه‌های دارای ر‌خ‌ن‌م‌ون س‌نگ‌ی در م‌س‌یر‌ون ه  
 م‌ن‌و ر‌رسی و شناسایی ی‌و ا‌ده‌ای زمین‌شناسی و ک‌ن‌ت‌اک‌ت‌هل ا ر‌دا‌شت‌هایی از  
 م‌ش‌اهد‌ا م‌س‌ت ی‌س‌ح‌ی مورد‌از‌دید و ررسی ر‌ار‌گ‌ر‌ف‌ت‌□ در م‌س‌یر پ‌ی‌م‌ایش‌رن‌ی‌ه وض‌ی‌ت زمین‌  
 شناسی گ‌س‌هل‌ن‌ی‌ه‌ای و م‌ح‌ل‌خ‌و ی‌و م‌ور‌ف‌ولو ی‌در م‌ح‌ود‌ه‌های ت‌ل‌ر‌دا‌شت  
 نه شه‌زمین‌شناسی اضافه‌گردید □

م ال ا جرای در دهر لنگه ام گردید:  
 ال از دید سسی (walkover survey)  
 م ال ا محلی (site investigation)

ا / باز ید ی (walkover survey)

در اینر له (کهه زمانه ال ا دفتر از ام گرفته است) محدوده مسیرون مورد  
 از دید و ررسی رگرفت و عوارضی هم لون شها پوشش گیاه شی هاند وض ییت  
 وپوگیف بیرون زدگی های سنگ و وض ییت های زیرزمینی وعم واریهها از ام ند  
 فاریس حی مورد ررسی رار گرفتند

م / اهت ی (site investigation)

در اینر له ررسی های محلی یی ر وکام ر وده او لاعا دست مده لوزا ملی  
 در اینر له کام ر گردیدند ررسی های از ام شده در اینر له شام موارد زیر می اشند  
 □ ررسی رخنمون سن ها و یین نحوه گسترش ف ایی یه های سنگی  
 □ رداشتمه ا ناپیوستگی ها و عنا ر ساختاری در محدوده بیرونی وهم نین داخ  
 ون

□ ررسی سیمای ارز کتونیک شناخته یی ومورفولو ی و عوار و پدیده های  
 زمین شناسی هم موجودنر ه

□ ررسی ه های دست مده از فاری گمانه ها

□ رداشتمه ا نمونه های سنگی رای از ام زملیثا زمایشگاهی

□ از ام زملیثا ساده جرایی مانند کش اشمیت

□ شناسایی شکلا زمین شناسی و پیمایش وش یی مرز بین لولوی های تل ه  
 وسیله GPS

□ بهینه شه زمین شناسی

زم ه کراست که ایره وهشه زمان هر له اجرای فروز از لنگه لذا ررسی های  
 جرایی بین اجرای ر از درون ون نی ور گرفته و کلیه داده های جم وری شده از  
 مرا ملی در این ال مکنتر و حی گردیدند



صل و

بررسیات یات یین

### ۱۱۱۱ دم

ی‌سالیان‌خیرج ی‌ا گسترده‌ای در مورد بررسی و یا زمین‌شناسی و تکنیکی و حلیه پایداری‌ها‌های زیرزمینی و از جمله‌ون‌ها و رگرفته‌وال‌ا زیادی رای‌امین‌ایمنی‌موت‌وا می‌ن‌ه‌ان‌ام شده است<sup>۱</sup> این‌اطرا‌ه‌روش‌های‌تلا‌ری‌وحلیه‌عددی‌وده‌است‌که‌علی‌و‌روش‌های‌حلیه‌عددی‌ا‌وجه‌موس‌م‌سریکام‌بیو‌رو‌ن‌اف‌م‌ارهای‌حلیلی‌امروز‌کار‌رد‌فراوانی‌یافته‌است<sup>۱</sup> پیشرفت‌های‌علمی‌و‌اجرایی‌که‌در‌زمینه‌رشد‌موس‌ه‌مد‌های‌عددی‌ان‌لم‌تده‌امروزه‌مهندسی‌س‌ن‌ی‌وس‌ی‌ان‌سیست‌های‌نگهدارنده‌را‌در‌اختیار‌گرفته‌است‌و‌اکنون‌می‌وان‌سیست‌های‌نگهداری‌را‌ه‌واور‌ی‌ر‌را‌ی‌نمود (Hoek, 2007)

### ۱۱۱۱ رو‌ها‌ت‌ربی<sup>۱</sup>

در این روش پایداری‌ها‌های زیرزمینی را با استفاده از حلیه و یه‌های ماری‌ازمشاهدات زیرزمینی‌زی‌ای‌می‌کنند<sup>۱</sup> ه‌ندی‌مهندسی‌وده‌های‌سنگی‌بهترین‌روش‌ری‌شناخته‌شده‌رای‌بیش‌ا‌ومکانیکی‌س‌ن‌ها‌وض‌یت‌پایداری‌ون‌می‌اشند<sup>۱</sup> استفاده از روش‌های‌ری‌همواره‌از‌محدودیت‌های‌کمترخس‌ت‌سایر‌روش‌ها‌رخوردار‌وده‌و‌نیاز‌ه‌زمایش‌ه‌ینه‌ر‌را‌دیرو‌ه‌ها‌کمتر‌می‌کنند<sup>۱</sup> اولین‌ه‌ندی‌وده‌س‌ن‌درس‌ا‌۱۰۰۹‌وس‌ریت‌ر‌ور‌گرفتند<sup>۱</sup> ر‌های‌تلا‌ه‌ندی‌وده‌های‌سنگی‌از‌ی‌س‌ا‌گذشته‌کنون‌در‌ا‌گسترش‌وده‌اند‌که‌از‌ن‌جمله‌می‌وان‌سیست‌های‌ه‌ندی‌RQD, RSR, RMR, Q, GSI و RMI اشاره‌نمودند<sup>۱</sup> ولی‌از‌میان‌ما‌سیست‌های‌ندی‌امروز‌سیست‌های‌RMR و Q رای‌ور‌فو‌حکیم‌ا‌و‌سیست‌SI رای‌میخ‌و‌یا‌ومکانیکی‌وده‌س‌ن‌های‌درزه‌دارم‌تداو‌ری‌می‌اشند<sup>۱</sup> در‌س‌ا‌های‌اخیر‌از‌م‌موعه‌های‌فازی‌رای‌مین‌ی‌ر‌این‌سیست‌ها‌استفاده‌شده‌است (Aydin, 2004, Iphar and Goktan, 2006)

رده‌ندی‌وده‌س‌ن‌از‌جمله‌شاخ‌رین‌شیوه‌های‌ری‌رسی‌پایداری‌ون‌ها‌شمار‌می‌ی‌ند‌ملانی‌۱۳۰۱<sup>۱</sup> استفاده از‌ن‌ها‌در‌مر‌لمه‌امکان‌پذیری‌و‌رای‌اولیه‌ی‌پرو‌ه‌که‌ملاعا‌جام

<sup>۱</sup> Empirical

سیار کمی رلدر ه اخوا و کنیکی وده های سنگی در دستر می اشد سیار مفید و سودمند است.

سیسته های هندی مهندسی وده سن در بیت پایه و اساو مهندسی است (Hoek, 2007) هرید از این روشل ر روی یکی از پارامترهای مهم و کنیکی وده سن اکید دارنل از این رو پیشنهاد شده است کها از دو روش هندی ه ور ه زمان استفاده شو. دین دلی امروزه در رای سیسته نگهدارنده و نهها داد سیار زیادیمتور بین ه وه زمان اسیسته های هندی وده سن ه RMR و Q استفاده نموده انل (Chen and Liu, 2007) که استفاده از ی نو هندی ودهم جانشین پاره های از روش های پیشرفته ر رای نشده و وانایی این کار را ندارد و کیه ر روش هندی ودهم ولرا ار اولیه ای رای رای د ی ر ه شمار می یل.

در این ال ه رای هندی مهندسی وده سن در رگیرنده ون از بهاسیسته هندی RMR (Bieniawski, 1989) Q (Barton, 2002) RMI (Palmstrom, 1996) و GSI استفاده شده است. امروزه دو سامانه رده نندی RMR و Q بیشترین فراگیر رین استفاده را در رای های مهندسی سن دارنل هر دو سامانه تلفی ای از پارامترهای زمینشناسی هندسی و رای مهندسی است که رای دسیک ی ه ی ارزش کمی از کیفیت وده سن می اشل شاخ م اومت زمین شناسی (GSI) درسا ۱۹۹۵وسه و همکارانشرل ه شد (Hoek and Brown, 1997).

سیسته GSI روشی رالموزیا ی کاهشع اومت وده سن درشرایم تل زمین شناسی است که دارن امشاهدا جرایبی بین می گردد (Hoek et al., 1995) دراوای رای وده دار شاخ م اومت زمین شناسی نیاز ه زمین شناسان مار ه ود زیرا راسا و یفا کیفی وده سن بین می شد ولی درسا های اخیر مدلی کار ردوسی این سیسته دیرو ههاج تل ون سازی رای مین پارامترهای اومتی و رفتاری وده سن گسترش یافته و رای وده دار GSI یفا کمی و عددلمل ه شده است (Cai et al., 2004) که ه ورخلا ه در سمت ۰۰۰ وضع داده شده است. درسا های اخیر بیشتر ه ور موردی ر روکار ردها و محدودیت های ن ح شده است (Marinos et al., 2005, Hoek et al., 2005) ته روسو درسا ۰۰۰۰موف ه دا روشی نوین رای یی دار GSI گردید که بیشتر و نای فاکتورهای رده نندی Q و رخ



فاکتورهای GSI می‌اشد (Russo, 2008) هم‌نین برای زمین‌په و ادير GSI از موعه‌های فازی استفاده گردیده است (Sonmez, 2003) ولی اید این نکته را مورد وجهه رار داد که از دیدگاه زمین‌شناسی مهندسی ه گاه دست وردن جواد په از په مسله رید په مندر نمی‌اشه ه ار اشرای زمین‌شناسی سیاریه یده رازن است که خود را مدیون نین جوا هایی داند (Hoek, 2007)

زمه کر است که الهه روش‌های تلفی در هندی و همنه ارا ه شده است (Palmstrom and Broch, 2006) ما الهه ای که چوی یا سیسته های هندی و ده سنه از لم‌دند ه این‌تیه ه رسیدند که رای مین‌سیسته نگهدارنده دور له رای ونه می‌وان از نه استفاده کره ولی اید وجهه داشت ککار در این‌سیسته هه اشرای خای محدود شده است لذا در هنگام کارگیری سیسته نگهدارنده ایدشرای په یده زمین را در نر گرفتله هونیه ایدیه این حدرکتا مهندسی‌کار رده خود ا بهار داشته که هر فرد اید در کارگیری سیسته های هندی و ده سنه اله فکر و م عم کند و از خوانی ازشرای حیه مکارهرو هه وجهه داده‌های نهاییهرو بز نام شوهه مین در این زمینه می‌ایست در حیه اله خود از این امکان بهره گیرند و ادرز رگرفتن داده‌های نهاییه و جامه ازشرای زمین در ارا ه رده‌ندی‌های نوین هندی و ده سنه رای مین‌سیسته نگهدارنده استفاده نمود (Hoek, 2007)

## □□□□ روش‌ها و ابزارهای ساخار

همنه رهوه (Hoek, 2007) ش‌های سنگی جدارون ازمنداو ریرخ را درون زنی سنه هه ملشد لذا اولین دم در زمینه بررسی‌سیسته نگهداریه حلیه وضیت ناپایداری نه‌استله ونه‌های که عمیه که در و ده سنه های درزه‌دار فاری شهوند نو سیارراییه از گسیه تگی در نه‌ها وجود دارد و ن افتادن گوه‌ای بلز و یا ش‌گوه‌ای از روی دیواره درون گشودگی استله این گوه‌ها اولاه ناپیوستگی‌های ساخاری مانند په‌ندی و درزه‌هشک گرفته‌اند که هه ور ههایی از سنه اولیه محوره هستند (Hoek, 2007) شناسایی امکان‌شکیه گوه‌ها یا لموها که می‌وانند از دیواره‌های ونه ندیا یفتند اولین ههه رین دم در راییه

نگهداری این گونه‌ها را می‌اشک در حلی ناپایداری و ده‌سند های درزه‌دار ایستی زمین شناسی ساختاری بخو می‌ال شده‌اشد اشرا ی ادشکی لمو ها یا گوه‌های حرانموو یت د ی لمو را توان پیش‌ینی کرد و اچ را ا تمالیه ش نپایداری جلوگیری عم ورد (Godman and Shi, 1985) و ر درون‌های که عم مه ریسه لمه رای را ی‌سیست نگهدارنده شناخته‌ا ا ا ( ) وض یت لمو های کلیدی است (Smith, 2004) هو درکتا مهندسی‌سند کار ردی (Hoek, 2007) لمه ناپایداری ساختاری درون‌ها را ا ا از ا الی از نیروگاه ریوگراندر انتین<sup>۱</sup> ه ورکام وضی داده است ا کتسیان گلا و همکارانش رای ون راه هریلا ون (Chatziangeloa et al., 2002) کریستری رای ون رگرایگنا یا (Christaras, 2003) لپ ون و همکارانش رای ون پای ون در کشور فنلاند (Lipponen et al., 2005) بررسی گوه‌های ناپیدار او ا مهیدا سیست نگهدارنده رای این گوه‌ها و ا درا ی جداگانه مورد ح و بررسی رار داده‌ان ا بالمسترم و استا نی ا بررسی و ا له روی ون های که عم ه اینتی ه رسیدند که ر ه و دانش از ساختارهای زمین‌شناسی و بررسی‌های ری از مح بهترین روش در رای حکیم درون‌های که عم خواهد و ا ر ی این نشان می‌دهد روش‌های تنی ر رده ندی مهندسی و ده‌سند بهترین کار رد را در زمین‌های لموکی دارد (Palmstrom and Stille, 2007)

## بررسی‌ها بین

بررسی‌های مر لمه شناخت پرو ه سد هراز و س مهندسی مشاورمها د در بهار و م ا ا شناخت ر ا را - هراز ور گرفت و ارش ن داریه هشتسا ۱۳۰۰ ه ش ا درگ ارش یاد شده ا وجه وض یت و پوگرافی مو ا موجود سدی ازو سنگری های یا خاکی و یه ش ا ضمن نکه بررسی گینه تنه ی در برنامه کامر لمه د رار گرفت ا بررسی‌های دی که زیر عنوان "ا ا مر لمو ر وس منه و زه رودخانه‌های ا ر - هراز" ور گرفت از اوای سا ا ا فر گمانه های شناسایی در ساختگاه هراز غاز شد و در الی که نها ا گمانه از ۱۰ گمانه ای که رای این مر لمه پیش‌ینی شده و د فاری بو کارهای اکتشافی

متوجه شد و در جلسه هماهنگی مور ۱۳۹۰/۰۵/۰۱ کارفرما اعلام کرد که بررسیهای ساختگاه هراز منتفی است و در همین جلسه برر شد که برپایه کارهای انجام شده ارزش زمین شناسی مهندسی ساختگاه سد هراز بدوین ارا به شود.

مهمترین کارهای حرایی و زمایشگاهی انجام شده در این امر به شرح زیر بوده است:  
 ۱) فرآیند گمانه اکتشافی حجم ۱۱۱ درازای ۱۱۱ متر همراه با زمین شناسی درون ماهی در گمانه‌ها و بهیله لوم ه های فاری  
 ۲) بهیله شه زمین شناسی پیرامون ساختگاه سد ما یا ۱:۱۰۰۰۰ و گستره نام یا ۱:۱۰۰۰۰

۳) درداشت ۱۱۱ درزه از کیه گاه‌ها و بهیله نمودار کنتری  
 ۴) فرآیند متر رضوی دانه و ۱ ماه در نهشته‌های درشت دانه  
 ۵) زمایش‌های شاخه رروی نمونه‌های سنگی  
 ۶) بررسی‌های وفی یکی به روش والکتریوس شرکت جراکاو در ستر رودخانه و زمایشهای

اولتراسونیک رروی نمونه های فاریوس موسسه وفی ی دانشگاه بهران و زمایشهای زمایشگاهی رروی نمونه هاوس زمایشگاه فنی ومکانیخا وزار راه وا ریانه ام گرفت. گزارش یاد شده در فروردین ماه ۱۳۹۰ به شد که در نتایج کلیه موارد یاد شده در (ه است نای بررسی‌های وفی ی) شری و در شنتیله گیری بیان شد: "درهنگ رای ساختن سدی لند اژو خاکی یلنگریه ای مناسب است" ضمن نکه رالی دا سد تنزیه مشک ه ن ر نمی رسد اما رای اینگونه ینفست ایستی کارهای اکتشافی در راستای محور اولیگینه تنی ور گیرد" هم نین پیشنهاد شله وجه ه فاری‌های انجام شده ایستی فاری‌های اکتشافی م ا ن ه در غاز این امر به پیش بینی شده و با ام گیرد ( برنامه پیشنهادی ک فاری- های مورد نیاز در ساختگاه ۱۱۱۱ متر پیش بینی شده و د)

پانزدهم سال ساختگاه سدمنگ رایمد لسا متو مانله درسا ۱۳۰۰ ه ددا این م ا ل ا زیر عنوان "ال ا مر لگو پرو ه صد نی هراز" وس مشاورین رپی گرفته شد که ی ن همد ورکمیه یافته‌های و کنیکی و زمین شناسی مهندسی رالخته ا نهایی مح سازلود فا و دیگتر ا موردن مر ال ا کمیلی ور پذیرفته در این امر به

رای بررسی وضعیت کیه گاهها و پی سسنگرید ه ای یا خاکی داد ۱۱ ه گمانه ه درازای کلی ۱۵۵ متر در دستورمکارال ا رار گرفت این عملیا ازاری ۵۵۵۵۵۵ گاز شد که پ از فر ۱۵ گمانه ا درازای ۵۵ متر دراری ۵۵۵۵۵۵ مدلی ر ی جان ه پیمانکار عملیا پی شد.

از گمانه های فر شده ۱ ه گمانه مه مو مترا ۳۳۱ متر در ام تل ستر رودخانه ۱۳ ه در کیه گاه راسته موعا هترا ۱۵۵ متر اهدم ال ه مسیرون انحراف فر شدند در کیه گاه نی رمی ال ه مسیورریو ون انحراف ۱ ه گمانه موعا هترا ۱۵۵ متر فاری شدند در کلیه گمانه ها در سمترفتی زمایشخر ه نفو استاندارد ه روش CPT و هوا ۱۵ متر از ام گرفت اراک رجا و سایوی گیهای و کنیکی خا درمح انداز ه گیری شول در همین ال زمایشنفو پذیری ه روش لوفران (ال ت و ا ر متیریه رایستیا ی و ی گیهای هیدرودینامیکی نفو پذیری وده خا و زمایشنفو پذیری حت فشار ری لون و ا روش از ا پاییح در ۱۳ متر یه های سنگی گمانه ها هر له عم در ماما نکته سیاوه در ووندال ا و کنیکی دما ی هر یکه فر نشدن گمانه های ملی در رازهای ی کیه گاهها ول درگ ارش مشاورین در ی این امر " دشواری های دسترسی ه گمانه های کیگهاها وجود وپوگرافی پیبار گاهی ع و ر جاده ملی و سفالته بهران م در ما لاف ا کیه گاه هم نین پوشش گیاهی سیامتراك در کیه گاه راست "

عنوان گردیل رایرف این مشکلا موضو از ری کس موز از اداره ک جنگلانی استان مازندران (رای درختان) اداره ک راه وا ری استان مازندران رای مسدونمودن جاده ملی (هنگامش اری) وهم نین هماهنگی اپلی رهسیر ه و ر مکرر و پیوسته پیگیری شد که در نهایت مدلی ناهماهنگی بین دستگاهها لجرایی راه دیگر ری نی استفاده از هلیکوپتر جهت ام دستگاه و سایریه ا فاری از سوی مشاورین ر پیشنهاد و مورد و کارفرما رار گرفت اما پیمانکار عملیا ه و ر ناگهانی مح عملیا رار نمود.